

# 慢性亜硫酸瓦斯中毒の骨系統の 変化に関する研究

## 第 2 編 実験的亜硫酸瓦斯中毒の骨レ線像に就いて

金沢大学医学部放射線医学教室（主任 平松教授）

専攻生 越 前 繁 治

### 内 容 抄 録

わたくしは第1編において、東北某金属鉱山製錬所に勤務する製錬夫の骨系統にレ線骨多孔性変化を認めたが、その骨変化は長期にわたる亜硫酸瓦斯の吸入による慢性亜硫酸瓦斯中毒の結果と考えし本実験を行った。即ち家兎に0.36%（容量%）の亜硫酸瓦斯を1日1回、最初は5分より始め、漸次延長して30分間吸入させ、38日より330日に及ぶ慢性亜硫酸瓦斯中毒を起させ、一定の間隔をおいてその骨系統の変化をレ線学的に究明したところ、次の如き所見を認めた。

1. 骨緻密質は正常の形態を保つが、瓦斯吸入期間の長いものでは菲薄の傾向が認められる。

2. 骨海綿質は瓦斯吸入期間が100日に満たないも

のでは正常の形態を示すが、瓦斯の吸入がそれ以上続くと繊細、粗となり、骨端部に淡影斑、透明像及び嚢胞状の影像を認める様になる。更に瓦斯の吸入が200日以上に及ぶと、骨梁は不明瞭で朦朧となり、骨端部に濃淡交錯像及び嚢胞状の影像を認める。

3. 関節面は全実験期間を通じて変化を認めない。

以上の実験成績と第1編の症例との間に類似点を認める事より、製錬夫に認められた骨系統の変化は亜硫酸瓦斯の吸入によるものと思われ、亜硫酸瓦斯の吸入による血液酸塩基平衡の破綻及び循環ACTHの過剰量が、かかる骨変化の原因と推定される。

### 目 次

#### 第1章 緒 言

#### 第2章 実験材料及び方法

##### 第1節 実験動物

##### 第2節 亜硫酸瓦斯発生装置及び濃度

##### 第3節 亜硫酸瓦斯吸入期間

##### 第4節 レ線写真撮影条件

#### 第3章 実験成績

##### 第1節 実験家兎の骨レ線像

##### 第2節 対照家兎の骨レ線像

#### 第4章 総括及び考按

#### 第5章 結 論

#### 附 図

### 第 1 章 緒 言

亜硫酸瓦斯中毒の実験的研究に関しては、大西<sup>19)</sup>、内山<sup>20)</sup>、大野<sup>21)</sup>等が急性中毒に就いて報告しているが、その記載が簡単であるか又は短

期間の実験である。岩手医大の柄内、桂<sup>21)</sup>等は家兎を用いて長期間に及ぶ慢性亜硫酸瓦斯中毒を起させ、山田<sup>22)</sup>は鼻腔、気管及び肺臓、牧田<sup>23)24)</sup>

は心臓及び肝臓、久高<sup>25)</sup>は腎臓に就いて病理組織学的所見を発表している。しかしこの場合においても骨系統の変化に就いては全然論及していない現状である。

骨系統の変化に就いては、先に述べた如く、栃内<sup>11)</sup>は所謂松尾鉾山珪肺症患者の骨系統に骨多孔性変化を認めた外に動物実験で Cystisch の Schatten を総ての骨端に認めた。その骨変化は抗内に発生する亜硫酸瓦斯の吸入によるものとして、家兎に亜硫酸瓦斯を吸入させ、レ線

学的に骨多孔性変化を認めている。

わたくしは既に第1編において詳述した如く東北某金属鉾山製錬所に勤務する製錬夫の骨系統に骨多孔性変化の認められる事を知つたが、その骨変化は製錬夫の作業環境からして、長期にわたる亜硫酸瓦斯の吸入によるものと考えられるので、家兎に慢性亜硫酸瓦斯中毒を起させ、その骨系統の変化をレ線学的に究明し、製錬夫に認められる骨変化との関係に就いて攻究する目的で本実験を行つた。

## 第2章 実験材料及び方法

### 第1節 実験動物

体重2.5乃至4.0 kgの成熟家兎を用いた。

### 第2節 亜硫酸瓦斯発生装置及び濃度

Table 1. Inhaling term of Sulfurous Gas.

Case	Rabbit's Number	Inhaling days	Living days	Case	Rabbit's Number	Inhaling days	Living days
1	22	38	48	14	38	152	171
2	18	54	78	15	36	170	230
3	16	55	80	16	39	179	200
4	47	62	79	17	37	180	201
5	41	63	83	18	28	203	285
6	46	69	80	19	32	204	346
7	20	73	121	20	27	233	286
8	35	77	104	21	33	286	324
9	23	80	191	22	31	305	335
10	17	98	184	23	30	307	352
11	34	110	123	24	29	311	355
12	14	146	232	25	13	320	390
13	40	151	170	26	15	330	450

特殊な箱を作り、その箱の中の亜硫酸瓦斯濃度が0.36% (容量%) となる様に硫黄を燃焼させ、その中に家兎を入れた。

### 第3節 亜硫酸瓦斯吸入期間

1日1回、最初は5分より始め漸次延長して30分間吸入させた。各症例の亜硫酸瓦斯吸入期間は第1表の如くである。

### 第4節 レ線写真撮影条件

上記の実験家兎を一定の間隔をおいて、主として膝関節のレ線写真を撮影した。レ線発生装置は後藤風雲堂製ツートヘリオボス号 (SDR-10 K 使用) を用い、その撮影条件は第2表の如くである。

Table 2. Condition of X-Ray photography

Condition	during experiment	after section
Distance	85 cm	85 cm
Voltage	50 KV	45 KV
Ampere	60 mA	60 mA
Time	1.5 sec	1.0 sec
intensifying screen	—	—

## 第3章 実験成績

### 第1節 実験家兎の骨レ線像

家兎は瓦斯圏内に投入後間もなく不安状態を呈し、前肢をもつて箱壁を搔爬して瓦斯圏内より逃れ出ようとする。粘膜刺激症状として瞬目、流涙及び流涎等盛んになり、鼻口は分泌物のた

め湿潤し、呼吸は漸次促進し瀕数となる。時間と共に呼吸は深さを増し、努力呼吸を営む様になり、頭部を前上方に挙げ苦悶状を呈する。瓦斯の吸入が長期にわたる家兎では、一般に食思不振、下痢、体重減少、耳翼及び四肢の脱毛等

を認める様になるが、これらの症状は必ずしも瓦斯吸入期間と一致せず、各家兎は亜硫酸瓦斯に対し個体差のある事を示している。

骨レ線像に就いては亜硫酸瓦斯吸入の時間的差によりレ線所見も異なり、吸入時間の長いものの程骨多孔性変化が著明であるが、上に述べた如く家兎により亜硫酸瓦斯に対する慣れの現象に差があり、時間と骨レ線所見とは必ずしも一致しない。

#### 1. No. 22 38 日目に撮影

骨緻密質：肥厚、菲薄等の病的所見は認められない。且正常の石灰質陰影を保っている（以下正常と記載する）。

骨海綿質：繊細、粗等の病的所見は認められない。且骨梁の配列は明瞭で正常の形態を示している。関節面は異常を認めない。

#### 2. No. 16 55 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：繊細、粗等は認められず、骨梁の配列も明瞭で正常の形態を示している。関節面は正常である。

#### 3. No. 35 77 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に繊細であるが、その配列は明瞭で略々正常の形態を保っている。脛骨近位端に透明像を認める。しかし関節面は正常である。

#### 4. No. 23 80 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：繊細、粗等は認められず、骨梁の配列も明瞭で正常の形態を示している。関節面は正常である。

#### 5. No. 17 98 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：繊細、粗等は認められず、骨梁の配列も明瞭で正常の形態を示している。関節面は正常である。

#### 6. No. 34 110 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に繊細であり、その配列は少々不規則、不明瞭である。大腿骨遠位端

に朦朧像、脛骨近位端に透明像を認める。しかし関節面は正常である。

#### 7. No. 14 146 日目に撮影

骨緻密質：一般に菲薄で、且石灰質陰影も少々減弱している。

骨海綿質：全体にわたり骨梁の配列は粗且不明瞭で、朦朧とした像を示している。大腿骨遠位端及び脛骨近位端に大小不同の囊胞状の影像並びに透明像を認める。しかし関節面は正常である。

#### 8. No. 36

##### 1) 77 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に粗で、その配列は不規則、不明瞭である。脛骨近位端に透明像を認める。しかし関節面は正常である。

##### 2) 170 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に繊細、粗であり、その配列は不規則、不明瞭である。大腿骨遠位端に囊胞状影像、脛骨近位端に透明像を認める。しかし関節面は正常である。

#### 9. No. 28

##### 1) 140 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に粗であるが、その配列は明瞭である。脛骨近位端に淡影斑を認める。関節面は正常である。

##### 2) 203 日目に撮影

骨緻密質：少々菲薄であるが、略々正常の石灰質陰影を保っている。

骨海綿質：骨梁は一般に粗で、その配列は不規則、不明瞭である。大腿骨遠位端及び脛骨近位端に大小不同の囊胞状の影像を認める。しかし関節面は正常である。

#### 10. No. 27

##### 1) 174 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に粗で、その配列は不明瞭であり、骨端部全体にわたり朦朧とした像

を示している。関節面は正常である。

2) 233 日目に撮影

骨緻密質：一般に少々菲薄で、且石灰質陰影も少々減少している。

骨海綿質：骨梁は繊細、粗であり、その配列も不規則、不明瞭である。大腿骨遠位端及び脛骨近位端に大小不同の囊胞状影像を認める。しかし関節面は正常である。

11. No. 33

1) 115 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に繊細粗であり、脛骨近位端に透明像を認める。関節面は正常である。

2) 288 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に繊細、粗であり、その配列は不規則、不明瞭で、全体にわたり朦朧とし特に大腿骨遠位端に著明である。脛骨近位端に囊胞状影像及び透明像を認める。しかし関節面は正常である。

12. No. 30

1) 132 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は明瞭で略々正常の形態を示しているが、脛骨近位端では少々粗であり、透明像を認める。関節面は正常である。

2) 307 日目に撮影

骨緻密質：一般に少々菲薄であるが、石灰質陰影は略々正常の形態を保っている。

骨海綿質：骨梁は一般に繊細、粗であり、大腿骨遠位端に囊胞状影像を認める。脛骨近位端は濃淡像が交錯し朦朧としている。しかし関節面は正常である。

13. No. 29

1) 132 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に粗であり、骨端部全体にわたり朦朧としている。脛骨近位端に透明

像を認める。関節面は正常である。

2) 311 日目に撮影

骨緻密質：正常

骨海綿質：骨梁は一般に繊細、粗であり、その配列は不明瞭である。大腿骨遠位端に囊胞状影像、脛骨近位端に囊胞状影像及び透明像を認める。しかし関節面は正常である。

14. No. 13

1) 220 日目に撮影

骨緻密質：少々菲薄であるが、略々正常の石灰質陰影を保っている。

骨海綿質：骨梁は一般に粗で、その配列は不明瞭である。脛骨近位端に囊胞状影像及び透明像を認める。関節面は正常である。

2) 320 日目に撮影

骨緻密質：一般に菲薄であるが、略々正常の石灰質陰影を保っている。

骨海綿質：骨梁は繊細、粗であり、その配列は不規則、不明瞭である。大腿骨遠位端及び脛骨近位端に大小不同の囊胞状影像を認める。しかし関節面は正常である。

15. No. 15

1) 203 日目に撮影

骨緻密質：少々菲薄であるが、略々正常の石灰質陰影を保っている。

骨海綿質：骨梁は一般に繊細、粗であり、その配列は不明瞭である。大腿骨遠位端に多数の小囊胞状影像、脛骨近位端に透明像を認める。しかし関節面は正常である。

2) 330 日目に撮影

骨緻密質：一般に菲薄であるが、略々正常の石灰質陰影を保っている。

骨海綿質：骨梁は繊細、粗であり、その配列は不規則、不明瞭である。大腿骨遠位端に大小不同の囊胞状影像、脛骨近位端に透明像を認める。しかし関節面は正常である。

以上の骨レ線像を一括表示すれば第3表の如くである。

Table 3. X-Ray Findings in Bones of Experimental Rabbits.

Case	Rabbit's Number	Inhaling days	Compact substance	Spongy substance	Tegument substance of bone of joint
1	22	38	N	N	N
2	16	55	N	N	N
3	35	77	N	sl, T	N
4	23	80	N	N	N
5	17	98	N	N	N
6	34	110	N	sl, I, T	N
7	14	146	t	r, T, C	N
8	36	170	N	sl, r, T, C	N
9	28	203	t	r, C	N
10	27	233	t	sl, r, C	N
11	33	288	N	sl, r, T, C	N
12	30	307	t	sl, r, ld, C	N
13	29	311	N	sl, r, T, C	N
14	13	320	t	sl, r, C	N
15	15	330	t	sl, r, T, C	N

N: Normal      t: thin      r: rough

sl: slender      ld: light-and-dark complicatet

T: Transparent      I: Indistinct

C: Cystic image

## 第2節 対照家兎の骨レ線像

対照には体重2.5乃至4.0kgの成熟家兎を用い、骨のレ線写真は主として膝関節を実験家兎と同一条件で撮影し、比較検討した。その骨レ線所見は第4表の如くである。

Table 3. X-Ray Findings in Bones of Controls.

Case	Rabbit's Number	Compact substance	Spongy substance	Tegument substance of bone of joint
1	42	N	N	N
2	47	N	N	N
3	48	N	N	N
4	49	N	N	N
5	50	N	N	N

N: normal

## 第4章 総括及び考按

以上の実験成績を総括すれば次の如くである。即ち、

## 1. 骨緻密質のレ線像

亜硫酸瓦斯吸入期間の比較的短いものでは肥厚、菲薄等の病的所見は認められず、且正常の石灰質陰影を保っている。瓦斯の吸入期間が長くなるに従い菲薄の傾向が認められるが、家兎により差があり一定しない。

## 2. 骨海綿質のレ線像

亜硫酸瓦斯吸入期間が100日に満たないものでは、骨梁の繊細、粗等の病的所見は認められず、その配列も明瞭で、正常の形態を示している。亜硫酸瓦斯の吸入がそれ以上に及ぶと、骨梁は一般に繊細、粗となり、その配列も不明瞭となつて来る。骨端部には淡影斑及び透明像を認め、且囊胞状の影像も認める様になる。亜硫酸瓦斯の吸入が200日以上に及ぶと、骨梁は益

々繊細、粗となり、その配列も不規則、不明瞭で朦朧像を示す様になる。骨端部には透明像、濃淡交錯像及び大小不同の囊胞状影像を認める。

## 3. 関節面のレ線像

全期間を通じ、全例とも異常を認めない。之を要約すると、

約3ヶ月を経過すると骨多孔症の初期の変化、即ち骨端部に淡影斑或いは透明像が初発し、次第に拡大して朦朧像に移行する。一定期間を経過すれば骨梁は繊細、粗となり、骨端部に大小不同の囊胞状影像を認める様になる。尚以上の骨変化は家兎により差があり、必ずしも亜硫酸瓦斯吸入期間とは一致しない。

第1編に詳述した如く、わたくしは東北某金属鉱山製錬所の製錬夫の骨系統に、骨多孔性変化のある事を認め、且その原因が製錬夫の作業

環境からして、長期にわたる亜硫酸瓦斯の吸入による慢性亜硫酸瓦斯中毒であろうと考えたが、本編では家兎に亜硫酸瓦斯を吸入させて、骨系統の変化に就いて比較検討を試みた。

そこで本実験では上述の如く、約3ヶ月を経過すると骨多孔性変化の初期の変化が現われ、瓦斯吸入期間が長期に及ぶと著明な病的所見を呈するようになる。かかる骨多孔性変化が、時間的の差はあるが両者共に認められる点からして製鍊夫に認められる骨多孔性変化は亜硫酸瓦斯の吸入によるものと思われ。

さて亜硫酸瓦斯の如何なる作用により、かかる骨変化が惹起されるのであろうか。これについては既に第1編において述べたと同様、血液酸塩基平衡の破綻及び循環 ACTH の過剰量によるものと思われ。即ち前者に就いては、実験家兎の血液 PH は、高濃度の亜硫酸瓦斯吸入により当然アシドーシスの傾向を持つ事は論を俟たない。この場合家兎は酸の侵入に対して予備アルカリの増加により防禦反応を試みるで

あろうが、亜硫酸瓦斯の吸入が長期に続くと、遂には力尽きアシドーシスの状態になり、過剰の遊離酸は初めは血液中の塩類と化合中和して排泄されるが、それだけで不十分な時は骨質のカルシウム塩と化合中和して排泄され、骨の吸収を来すものと思われ。後者に就いては Asling, Reinhardt and Li<sup>20</sup>等は、ACTH を投与したネズミの骨 X 線像に骨多孔症を認めているが、実験家兎も高濃度の亜硫酸瓦斯吸入を余儀なくされる関係上、家兎の脳下垂体前葉副腎系はこの亜硫酸瓦斯吸入と云うストレスに対して反応し、循環 ACTH の量は過剰となり、骨形成速度の異常に基く骨多孔性変化並びに Cystisch の Schatten を招来するのではなかろうか。血液酸塩基平衡の破綻による骨の吸収は、組織学的には骨の平滑吸収を示し、ACTH の過剰量は軟骨板の菲薄、造骨細胞の抑制等の組織学的変化を示すものと思われ。わたくしは次の段階において、本実験家兎を使用し、骨の変化を病理組織学的に攻究したいと思う。

## 第5章

## 結 論

家兎に 0.36 % (容量%) の亜硫酸瓦斯を吸入させて慢性亜硫酸瓦斯中毒を起させ、骨系統の変化を X 線学的に究明し、次の如き結論を得た。

1) 亜硫酸瓦斯吸入約3ヶ月頃より骨多孔性変化を認め、時間の経過に伴いその変化が著明になつた。

2) 骨緻密質は略々正常の形態を保つが、瓦斯吸入期間が長いものでは菲薄の傾向が認められる。

3) 骨海綿質は瓦斯吸入100日頃より、骨梁が纖細、粗となり、骨端部に淡影斑、透明像及び囊胞状影像を認める様になる。瓦斯吸入が200

日以上に及ぶと、骨梁の配列は不明瞭で朦朧となり、骨端部に濃淡交錯像及び囊胞状影像を認める。

4) 関節面は全期間を通じ全例とも変化を認めない。

5) 本実験成績と第1編の症例との間に類似点を認める事より、製鍊夫に認められる骨系統の変化は亜硫酸瓦斯の吸入によるものと思われ、亜硫酸瓦斯の吸入による血液酸塩基平衡の破綻及び循環 ACTH の過剰量が、かかる骨変化の原因と推定される。

(文献は最終編に記載する)

越前論文附図

Photo 1.

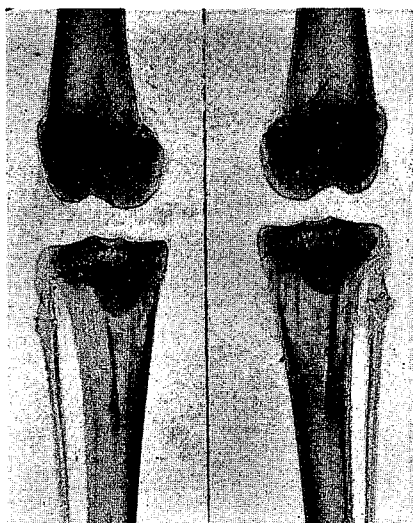


Photo 2.

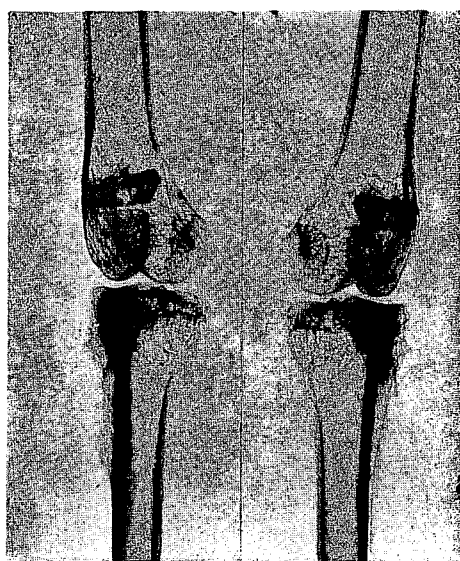


Photo 3.

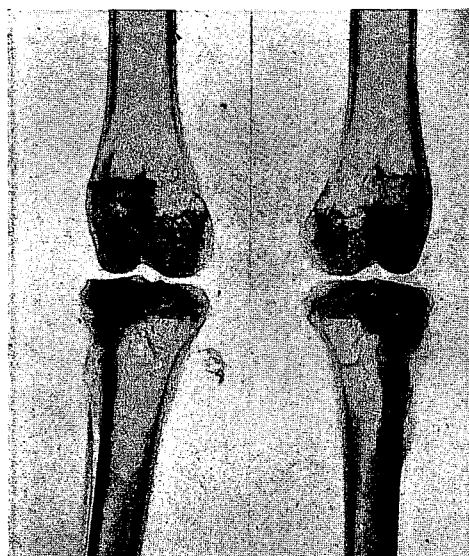
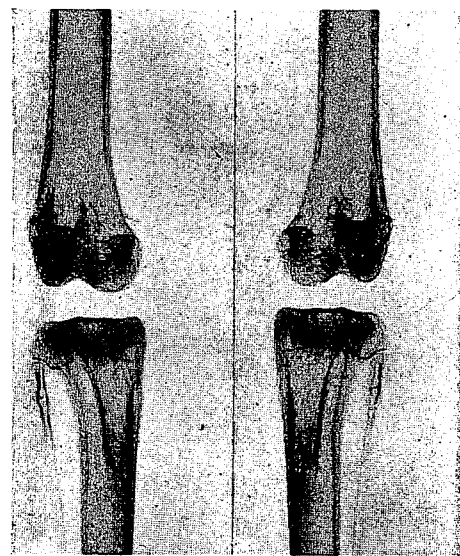


Photo 4.



**Explanation.**

Photo 1. No.42. Normal X-Ray Findings of Knee-Joint of Rabbits, As Control.

Photo 2. No.28. Photographed after 203 days. Trabeculum rough. Arranged irregularly and indistinctly. At bone end, a plenty of cystic images, large or small, are seen.

Photo 3. No.27. Photographed after 233 days. Trabeculum slender and rough. Arranged irregularly and indistinctly. At bone end, a plenty of cystic images, large or small, are seen.

Photo 4. No.15. Photographed after 330 days. Trabeculum slender and rough. At bone end, some cystic images and transparent parts are seen.